

ความต้องการน้ำและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

Water requirement and Kc values of Khon Kaen 3 sugarcane variety

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ^{1*}, ทักษิณา ศันสยะวิชัย¹, สุภกาญจน์ ล้วนมณี², ศรีสุดา ทิพย์รักษ์¹,
เกษม ชุสอน¹, จินดาร์ตน์ ชื่นรุ่ง³ และ ชยันต์ ภักดีไทย¹

Kobkiet Paisancharoen^{1*}, Taksina Sansayawichai¹, Suphakarn Luanmanee²,

Srisuda Thippayarugs¹, Kasem Chusorn¹, Jindarut Chuenrung³ and Chayant Pakdeethai¹

บทคัดย่อ: ศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกบนดินร่วนปนทรายชุดดินวาริน (Fine-loamy, siliceous Typic Kandiusults) ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2552 ถึง ธันวาคม 2554 วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยวิธีการ 1) ปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน 2) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริม (ระบบน้ำหยด) 12.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุดของดินภายในระดับความลึก 1 เมตร (Available water capacity; AWC) เมื่ออ้อยอายุ 30-240 วัน 3) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริม 25.0% ของ AWC 4) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริม 37.5% ของ AWC 5) ปลูกอ้อยโดยให้น้ำเสริม 50.0% ของ AWC และ 6) ไม่ปลูกอ้อย โดยวิธีการที่ 1-5 ใส่ปุ๋ยเคมี 24-9-18 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ ให้น้ำทุก 7 วันตามกรรมวิธีโดยตรวจวัดปริมาณความชื้นดินก่อนให้น้ำทุกครั้ง ผลการทดลอง พบว่า อ้อยปลูกตอบสนองต่อการให้น้ำโดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 28.8-35.0 ตัน/ไร่ แตกต่างจากวิธีการไม่ให้น้ำ (20 ตัน/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธีการให้น้ำเสริมประมาณ 37.5% ของ AWC หรือมีปริมาณการใช้น้ำ 1,620 มม./ฤดูปลูก มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด 35.0 ตัน/ไร่ ดังนั้นอ้อยปลูกมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุดเท่ากับ 74.1 ลบ.ม./ตันอ้อย ให้ค่า Kc ของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ระยะตั้งต้น (0-75 วันหลังปลูก) ระยะแตกกอ (76-195วัน) ระยะสร้างน้ำตาล (196-285วัน) และระยะสุกแก่ (286-375วัน) เฉลี่ย 0.34, 0.74, 1.52 และ 0.83 ตามลำดับ และพบว่า อ้อยต่อ1 ตอบสนองต่อการให้น้ำโดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 20.1-21.1 ตัน/ไร่ แตกต่างจากวิธีการไม่ให้น้ำ (14.5 ตัน/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยวิธีการให้น้ำเสริมประมาณ 25.0% ของ AWC หรือมีปริมาณการใช้น้ำ 1,703 มม./ฤดูปลูก มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด 21.1 ตัน/ไร่ ดังนั้นอ้อยต่อ1มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุดเท่ากับ 129.3 ลบ.ม./ตันอ้อย ให้ค่า Kc ของอ้อยต่อ1พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ระยะตั้งต้น (0-45วัน) ระยะพักตัว (46-120 วัน) ระยะแตกกอ (121-225วัน) ระยะสร้างน้ำตาล (226-330วัน) และระยะสุกแก่ (331-360วัน) เฉลี่ย 0.69, 0.39, 0.84, 2.28 และ 0.75 ตามลำดับ

คำสำคัญ: อ้อยปลูก, อ้อยต่อ, พันธุ์ขอนแก่น 3, ความต้องการน้ำ, ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

Khon Kaen Field Crops Research Center, Field Crops and Energy Renewable Crops Research Institute, DOA.

² ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

Nakorn Sawan Field Crops Research Center, Field Crops and Energy Renewable Crops Research Institute, DOA

³ กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

Soil Science Research Group, Agricultural Production Sciences Research and Development Office, DOA.

* Corresponding author: kobkiet@yahoo.com

ABSTRACT: The water requirement for plant cane and ratoon cane of Khon Kaen 3 sugarcane variety was studied on Fine-loamy, siliceous *Typic Kandiusults* namely Warin soil series at Khon Kaen Field Crops Research Center (KKFCRC) since November, 2009 to December, 2011. Plot experimental design was RCB with 3 replications and 6 treatments, consisted of 1) No water (rain-fed condition as control) 2) Supplemental water by drip irrigation as 12.5% of available water capacity (AWC) level from 30-240 DAP 3) Supplemental water as 25.0% of AWC 4) Supplemental water as 37.5% of AWC 5) Supplemental water as 50.0% of AWC and 6) Bare soil. Weekly crop water uptakes for sugarcane and soil evaporation were recorded from the plots of 9x9 m and the crop coefficient (Kc) was re-derived. Reference crop evapotranspiration (ET_o) was also determined using Blaney-Criddle (FAO) method from daily weather data gathered from the KKFCRC agro-meteorological station with 0.3 km nearby the experiment. The total plant cane water consumption was 1,620 mm/crop and the average of maximum yield was obtained 35.0 t/rai at the 37.5% AWC treatment. Water use efficiency (WUE) was 74.1 cu.m/t. The locally determined Kc values were 0.34, 0.74, 1.52, and 0.83 for initial, tillering or development, grand or mid and mature (late) sugarcane growth stages, respectively. For the total ratoon cane consumption, was 1,703 mm/crop and the average of maximum yield was obtained 131.9 t/ha at the 25.0% AWC treatment. Water use efficiency (WUE) was 129.3 cu m/t. The locally determined Kc values were 0.69, 0.39, 0.84, 2.28, and 0.75 for initial, seedling adaptation, tillering or development, grand or mid and mature (late) sugarcane growth stages, respectively.

Keywords: Plantcane, ratoon cane, Khon Kaen 3 sugarcane variety, water requirement, Kc value

บทนำ

อ้อยเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นพืชอาหารและอุตสาหกรรมอื่นๆ แล้ว ยังมีศักยภาพเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลสูง เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน สามารถนำมาใช้ในการผลิตเอทานอลได้ทั้งรูปน้ำอ้อยสด กากน้ำตาล และมวลชีวภาพ (ลิกโนเซลลูโลส) ในปี 2554 มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 7.87 ล้านไร่ ผลผลิตอ้อย เฉลี่ย 12.2 ตัน/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ ประมาณ 80% เป็นเขตการเกษตรอาศัยน้ำฝน ในการผลิตอ้อยมักมีปัญหาเรื่องปริมาณการผลิตที่ได้แต่ละปีไม่แน่นอนซึ่งมีปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณและการกระจายตัวของฝนไม่แน่นอน มีผลให้อ้อยมักประสบภาวะขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูการเพาะปลูก ประมาณ 4-6 เดือน นอกจากนี้การปลูกอ้อยในดินเนื้อทรายถึงช่วงปนทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มักมีประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารพืชของอ้อยค่อนข้างต่ำ (กอบเกียรติ และคณะ, 2551) โดยเฉพาะไนโตรเจน ที่มีบทบาทสำคัญมากในการเพิ่มผลผลิตอ้อย

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย โดยเฉพาะการเจริญเติบโต สร้างน้ำหนักแห้ง และกระบวนการต่างๆ เพื่อการพัฒนาภายในต้นพืช เช่น เป็นส่วนประกอบของโปรโตพลาสซึม

(protoplasm) กระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการเต่งเซลล์ ผ่านการดูดขึ้นใช้มาจากทางรากพืช ซึ่งความต้องการน้ำของอ้อยจะแตกต่างกันตามชนิดของพันธุ์ โครงสร้างของพืช อายุ ระบบราก และอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาพแวดล้อม ได้แก่ ฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ทางอุตุนิยมวิทยา เป็นตัวกำหนดความต้องการน้ำของพืช

โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้ใน 1) ส่วนประกอบของพืช 2) กระบวนการคายน้ำ(transpiration) และ 3) กระบวนการระเหย (evaporation) ดังนั้นปริมาณน้ำที่พืชใช้ คือ ปริมาณทั้งหมดที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตรวมกับปริมาณน้ำที่ใช้ใน 2 กระบวนการ คือ คายน้ำจากใบ และส่วนต่างๆ ของพืช (transpiration) และกระบวนการระเหยจากดินในบริเวณที่พืชขึ้นอยู่ (evaporation) ซึ่งทั้งสองกระบวนการนี้รวมกันเรียกว่า การคายระเหยน้ำของพืช (evapotranspiration) อย่างไรก็ตาม ในด้านการเกษตรได้ศึกษาการคายระเหยน้ำของพืชจากต้นพืชที่ขึ้นอยู่บนดินที่มีความชื้นอย่างสมบูรณ์ (มีความสมดุลและเหมาะสมกับพืช) และระยะการพัฒนารวมกันเรียกว่า ศักยภาพคายระเหยน้ำ (PET: potential evapotranspiration) หรือเรียกว่า อัตราการคายระเหยสูงสุดภายใต้สภาพลมฟ้าอากาศเป็นตัวกำหนด มักนิยมใช้พืชตระกูลหญ้า (ปกคลุมพื้นที่ดินอย่างสมบูรณ์) เป็นพืชศึกษาบน

พื้นที่ที่มีน้ำหล่อเลี้ยงอย่างไม่จำกัดเป็นตัวเปรียบเทียบ ดังนั้นจึงเรียกว่า การคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง (ET_o: reference crop evapotranspiration)

การศึกษาหาการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิง เอฟ เอ โอ (FAO) ได้รวบรวมไว้ใน Chapter 3: crop water needs ว่ามีแนวทางศึกษาได้ดังนี้ 1) Pan Evaporation Method 2) Blaney-Criddle Method และ 3) Indicative Values of ET_o เป็นต้น ซึ่ง Doorenbos and Pruitt (1977) ได้รวบรวมสูตรต่างๆ ในการคำนวณหาค่า PET ที่แพร่หลายได้แก่ สูตรของ Penman ซึ่งได้รับการพัฒนาจนถึงปัจจุบัน แต่ที่นิยมมากและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ สมการของ Penman-Montheith และ Class A evaporation pan

FAO (2011) รายงานว่าอ้อยเป็นพืชที่จัดอยู่ในกลุ่มไม่ทนแล้ง (high sensitivity to drought) มีความต้องการใช้น้ำตั้งแต่ 1,500-2,500 มม./ฤดูกาล ซึ่งสนับสนุนโดย Carr and Knox (2010) ที่ได้ทบทวนและเรียบเรียงไว้ว่า ความต้องการใช้น้ำของอ้อยทั้งหมด (total water-use; ET_c) ประมาณ 1,100-1,800 มม. โดยช่วงที่ความต้องการน้ำสูงสุดมีอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 6-15 มม./วัน

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (the crop coefficient; K_c) หมายถึง ความสามารถของพืชในการนำความชื้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์กับการเจริญเติบโต การพัฒนา หรือสร้างผลผลิตของพืช ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำนี้จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระยะการเจริญเติบโต Doorenbos and Pruitt (1977) ได้ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวโพด ถั่วเหลือง และ ถั่วลิสงในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำระยะต่างๆ ออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ 1) ระยะตั้งต้น (Initial stage) คือ ระยะตั้งแต่หยอดเมล็ดจนถึงมีลำต้นงอกออกมา 2) ระยะพัฒนาการ (Development stage) คือ ระยะลำต้นเริ่มพัฒนาการเจริญเติบโต 3) ระยะกลางฤดูปลูก (Mid-season stage) คือ ระยะที่ลำต้นเจริญเติบโตเต็มที่ จนถึงเริ่มออกดอก และ 4) ระยะสุดท้าย (Late season stage) คือ ระยะออกดอกเต็มที่จนถึงเก็บเกี่ยว

ในการทำงานเดียวกัน Carr and Knox (2010) ได้เรียบเรียงและทบทวนความต้องการน้ำและชลประทานสำหรับอ้อย ก็ได้สรุประยะการใช้น้ำของอ้อยตามการเจริญเติบโตดังนี้ 1) ระยะตั้งต้น (Initial growth stage) 2) ระยะแตกกอ (Development หรือ Tillering growth stage) 3) ระยะสะสมผลผลิต (Yield accumulation หรือ Grand growth stage) และ 4) ระยะสุกแก่ (Ripening หรือ drying-off) สำหรับประเทศไทย กรมวิชาการเกษตร (2549) ได้แบ่งระยะการเจริญเติบโตของอ้อยออกเป็น 4 ระยะเช่นกัน คือ 1) ระยะตั้งต้น ประมาณ 30 วัน 2) ระยะแตกกอ ประมาณ 140 วัน 3) ระยะสะสมน้ำตาล ประมาณ 125 วัน 4) ระยะสุกแก่ ประมาณ 35 วัน อย่างไรก็ตาม Doorenbos and Pruitt (1977) รายงานว่า ช่วงเวลาของแต่ละระยะการเจริญเติบโต ไม่ได้ขึ้นอยู่กับตัวพืชเพียงอย่างเดียว ยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิอากาศ หรือความชื้นของดิน ที่เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยที่ปลูกในกลุ่มเนื้อดินร่วนปนทรายชุดดินวาริน ในแต่ละพื้นที่ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตอ้อยที่เหมาะสมเชิงเศรษฐกิจกับสภาพดินและพื้นที่ เป็นแนวทางให้คำแนะนำการใช้น้ำและการจัดการน้ำในไร่อ้อยที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่

วิธีการศึกษา

วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วยตัวรับทดลอง 6 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ไม่ให้น้ำ 2) ให้น้ำ 12.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) 3) ให้น้ำ 25.0% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) 4) ให้น้ำ 37.5% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) 5) ให้น้ำ 50.0% ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงสุด (AWC) โดยระบบน้ำหยดทุก 7 วัน และ 6) ไม่ให้น้ำและไม่ปลูกอ้อย ขนาดแปลงย่อยกว้าง 9 เมตร ยาว 9 เมตรโดยเว้นให้แต่ละแปลงย่อย

ห่างกัน 1.5 เมตรเพื่อเป็นร่องระบายน้ำ ณ แปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นซึ่งเป็นชุดดินวาริน โดยปลูกอ้อยขอนแก่น 3 (ซึ่งเป็นพันธุ์ใหม่ของกรมวิชาการเกษตร) ประมาณเดือนพฤศจิกายน 2552 แบบประชากรสูง ระยะแถวกว้าง 1 เมตร วางลำเหลื่อมสลับโคนและปลาย โดยวิธีการที่ 1-5 ใส่ปุ๋ยเคมี 24-9-18 กก. N-P₂O₅ และ K₂O/ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง คือ ครั้งแรกโรยกันร่องพร้อมปลูก 7.5-7.5 -7.5 กก. N-P₂O₅-K₂O (ใช้ 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่) ครั้งที่สอง เมื่ออายุประมาณ 2 เดือน แบบเปิดร่องข้างแถวห่างจากแถวอ้อยประมาณ 10-15 เซนติเมตร โรยด้วย 8.5-1.5-7.5 กก.ของ N-P₂O₅-K₂O (ใช้ 46-0-0 อัตรา 18.6 กก./ไร่ + 0-46-0 อัตรา 3.3 กก./ไร่ + 0-0-60 อัตรา 12.6 กก./ไร่) แล้วกลบ และครั้งที่สามใส่ 8-0-3 กก. N-P₂O₅-K₂O (ใช้ 46-0-0 อัตรา 17.4 กก./ไร่ + 0-0-60 อัตรา 5.0 กก./ไร่) โรยข้างแถวเช่นเดียวกับครั้งที่สอง เมื่ออ้อยมีอายุ 4 เดือนหลังงอก พันสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช กำจัดวัชพืชตามความจำเป็น และเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกเดือนธันวาคม 2553 จากนั้นได้ตัดแต่งตอ ดูแลรักษา และเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 เมื่ออายุประมาณ 12 เดือน

เก็บตัวอย่างดินรวมตำรับทดลอง (Composited replication) โดยรวบชั้นดินที่คล้ายคลึงกันมากแบ่งเป็นที่ระดับ 0-20, 20-50 และ 50-100 เซนติเมตรก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยววิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีทุกปี โดย พีเอช (pH) ดิน วัดโดย pH meter ของอัตราส่วน 1:1 ของดิน: น้ำ อินทรีย์วัตถุด้วยวิธีการ Walkley and Black's method (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Bray No.II) โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก สกัดด้วย 1N Ammonium Acetate, pH 7 และวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความแน่นดินรวม (bulk density) อัตราการซึมน้ำ (water permeability) เส้นอัตราลักษณะน้ำของดิน (soil moisture characteristic curves) ก่อนปลูกปีแรกและหลังเก็บเกี่ยวปีที่ 3

เก็บตัวอย่างดินหาความชื้นดินทุก 7 วัน โดยใช้กระบอกเก็บดินปลายแหลม (boring stick) ตามความลึกของ 3 ระดับชั้นดินที่ศึกษา แปลงละ 2 จุด/ครั้ง ซึ่งน้ำหนักดินแห้งเฉลี่ยโดยน้ำหนัก จากนั้นคูณด้วยค่าความหนาแน่นดิน และความหนาของชั้นดินเพื่อแปลงข้อมูลให้เป็นปริมาณน้ำมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (มม.) และคำนวณปริมาณน้ำก่อนให้ตามกรรมวิธีต่างๆ เป็นรายแปลง ดังนี้

ความลึกของชั้นดิน (ซม.)	ปริมาณน้ำ (มม.) ของชุดดินวารินในแต่ละกรรมวิธี (AWC)				
	0	12.5	25.0	37.5	50.0
0-20	-	11.3	14.2	17.1	20.0
20-50	-	25.6	30.3	35.0	39.6
50-100	-	87.2	95.9	104.6	113.3
รวมทั้งหมด (0-100)	-	124.2	140.4	156.6	172.9

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อย ได้แก่ ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำ จำนวนและน้ำหนักใบสด จำนวนและน้ำหนักใบแห้ง จำนวนลำต่อกอ จำนวนกอต่อพื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตน้ำหนักสด ความหวาน (CCS) เก็บตัวอย่างอ้อยที่อายุ 6 เดือน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

และวัดด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer คำนวณประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจน (nitrogen use efficiency: NUE) โดยใช้น้ำหนักลำ (ก.) หารด้วยปริมาณไนโตรเจนที่พืชดูดใช้ทั้งหมด (กก.N) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) โดยใช้โปรแกรม MSTAT-C แล้วนำข้อมูลมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's Multiple

Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%ขึ้นไป
 คำนวณหาสมการการตอบสนองต่อน้ำที่มีต่อองค์
 ประกอบพืช และผลผลิตของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3
 คำนวณหาสมการสมมูลน้ำเปรียบเทียบกับแบบจำลอง
 การผลิตพืช และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยปลูก
 และอ้อยตอเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโปรแกรม
 water-crop-requirement ของกรมอุตุฯ มหาวิทยาลัย
 (2552) ซึ่งใช้ค่า Kc อ้างอิงจากเอฟ เอ โอ ตลอดจน
 และความต้องการน้ำของพืชตามวิธีของ Smith (1992)
 และ Doorenbos and Kassam (1979) ตามสมการ
 ในที่นี้ $ET_c = K_c \times ET_o$

$ET_c =$ ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (มม./วัน)
 $K_c =$ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
 $ET_o =$ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)

Kc เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ได้
 จากการทดลองจริงในสนามโดยเปรียบเทียบกับหญ้า
 ที่ปกคลุมพื้นที่แบบสมบูรณ์และมีน้ำหล่อเลี้ยงเพียงพอ

$ET_o =$ คำนวณหาโดยวิธี FAO Blaney-Criddle
 (ใช้ข้อมูลภูมิอากาศจากศูนย์วิจัยพืชไร่นาขอนแก่นที่มี
 ฐานข้อมูลเพียงบางอย่าง (ฝน และอุณหภูมิ) แต่ครบ
 ในการคำนวณฯ และอยู่ห่างจากแปลงทดลองเพียง
 0.30 กิโลเมตร พิกัด N 16° 28' E 102° 49' ซึ่งคำนวณ
 หาค่า ET_o ได้ดังนี้

$ET_o = p(0.46 T_{mean} + 8)$

ในที่นี้ p = ค่าเฉลี่ยรายวันของชั่วโมงที่เป็น
 กลางวัน (Mean daily of annual daytime hours; %)
 ตามพิกัดตำแหน่ง ดังนี้

Latitude	North	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
	South	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June
20		0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.3	0.3	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
16		0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
15		0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25

$T_{mean} =$ ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด (T_{max}) และต่ำสุด (T_{min})

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพภูมิอากาศ

อ้อยปลูก

ในปีการทดลอง 2552/53 (ปลายเดือนตุลาคม)
 ให้น้ำก่อนไถตะ เบิกร่องเตรียมแปลง 2 วันแบบสปริง
 เกอร์ 32.4 มม. เนื่องจากดินแปลงทดลองแห้งและ
 แข็งเกินไป และในทุกวิธีการปลูกอ้อยให้น้ำตามร่อง
 หลังปลูกเพื่อให้อ้อยงอกสม่ำเสมอ 22.2 อีก 1 ครั้งหลัง
 ปลูก 14 วัน ซึ่งเริ่มให้น้ำตามกรรมวิธีครั้งแรก เมื่อ 30
 วันหลังปลูก จนถึง 16 กรกฎาคม 2553 (อายุประมาณ
 7 เดือน) เมื่อมีฝนตกสม่ำเสมอ ซึ่งตลอดการทดลองมี

ปริมาณฝนตก 1,149 มม. จำนวนวันฝนตก 102 วัน
 (ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ประมาณ 3 สัปดาห์) อุณหภูมิ
 สูงสุด และต่ำสุดเฉลี่ย 32.0 และ 24.0 องศาเซลเซียส
 ตามลำดับ (Figure 1, a and b)

อ้อยตอ 1

ในปีการทดลอง 2553/54 ได้เริ่มให้น้ำตามกรรม
 วิธีครั้งแรก หลังเก็บเกี่ยว 15 วัน จนถึง 30 พฤษภาคม
 2554 (อายุประมาณ 165 วัน) เมื่อมีฝนตกสม่ำเสมอ ซึ่ง
 ตลอดการทดลองมีปริมาณฝนตก 1,308 มม. จำนวน
 วันฝนตก 113 วัน (ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ประมาณ 1
 สัปดาห์) อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดเฉลี่ย 31.5 และ
 20.0 องศาเซลเซียส (Figure 1, c and d)

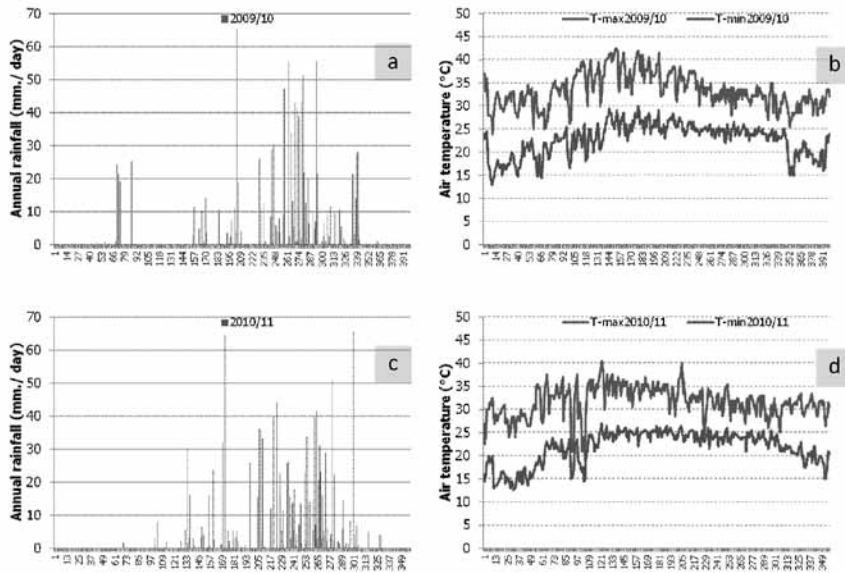


Figure 1 Amount and distribution of rainfall in 2009/10 (a), 2010/11 (c) Maximum and minimum of temperature in 2009/10 (b) and 2010/11 (d) at Khon Kaen Field Crops Research Center.

คุณภาพดินและการดูใช้ธาตุอาหารพืชของอ้อย

ดินชั้นโกลวอน (0-20 ซม.) ที่ทำการทดลองมีเนื้อดินทรายปนร่วน (loamy sand) มีปริมาณดินเหนียวต่ำ (clay 5.1%) เป็นกรดจัด (pH 5.0) มีอินทรีย์วัตถุต่ำมาก (OM 0.45%) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (Avail.P 46 มก./กก.) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างต่ำ (Exch.K 41 มก./กก.) ตามลำดับ (Table 1)

อ้อยปลูก

การประเมินการดูใช้ธาตุอาหาร N P K Ca Mg ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่ออายุ 7 เดือนหลังปลูก พบว่า การให้น้ำเสริมในระยะแตกกอ และสะสมน้ำตาล (30-240 วันหลังปลูก) มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของลำเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 793-1,053 ก./กอ แตกต่างทางสถิติกับวิธีการไม่ให้น้ำ (347 ก./กอ) เนื่องจากอ้อยสามารถดูใช้ธาตุอาหาร N, K, Mg และ P มากขึ้นอย่างชัดเจน ยกเว้น Ca (Table 2) ทำให้ประสิทธิภาพการดูใช้ในโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 94.4-96.0 ก.ของน้ำหนักลำแห้ง/ก.ของ N แตกต่างกับไม่ให้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อ้อยต่อ 1

การประเมินการดูใช้ธาตุอาหาร N, P, K, Ca, และ Mg ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เมื่ออายุ 6 เดือนหลังตัดแต่งตอ พบว่า การให้น้ำเสริมในระยะตั้งตัว และแตกกอ (15-165 วันหลังตัดแต่งตอ) มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของลำเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 112-122 ก./กอ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับวิธีการไม่ให้น้ำ (59 ก./กอ) เนื่องจากอ้อยสามารถดูใช้ธาตุอาหาร N, K, Mg และ P ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยปลูก ซึ่งยังคงให้ประสิทธิภาพการดูใช้ในโตรเจนเพิ่มขึ้น เป็น 112.7-134.6 ก.ของน้ำหนักลำแห้ง/ก.ของ N แตกต่างกับไม่ให้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับอ้อยปลูก (Table 2)

การให้น้ำมีความสัมพันธ์กับการดูใช้ฟอสฟอรัส (P) ของอ้อยมากที่สุด มีค่า $r = 0.603^*$ และ 0.459^* สำหรับอ้อยปลูกและอ้อยต่อ1 รองลงมาได้แก่ไนโตรเจน แมกนีเซียม โพแทสเซียม และแคลเซียมตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การสร้างน้ำหนักลำแห้งมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการดูใช้ในโตรเจนของอ้อยปลูกและอ้อยต่อ1 มีค่า $r = 0.812^{**}$ และ 0.758^{**} มากกว่ามวลชีวภาพ (Table 3) ได้สมการการสร้างลำแห้งของอ้อย ดังนี้

$(Y_s) = 7.09 (NUE)^{**} + 1356(Nst) + 1363(Ngl) + 1359(Nbl) - 1277(Nto) R^2 = 0.968^{**} (1)$
 ในที่นี้ น้ำหนักลำแห้งของอ้อย (Y_s) หน่วยกรัม (ก.)
 NUE คือ ประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจน (ก.ของ น้ำหนักลำ/ก.ของ N)
 Nst คือ ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของลำต้น (ก.)
 Ngl คือ ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของใบเขียวสด (ก.)
 Nbl คือ ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนของใบแห้ง (ก.)
 Nto คือ ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนรวมทั้งหมด (ก.)

Table 1 Characteristics of Warin soil series at Kkon Kaen Field Crops Research Ceter before planting sugarcane in 2009/10.

Parameter	Soil depth(cm)		
	0-20	20-50	50-100
pH (1:1=S:W)	5.0	5.0	4.7
Organic matter (%)	0.45	0.46	0.32
Available P (mg/kg)	46	51	17
Exchangeable K (mg/kg)	41	40	29
Exchangeable Ca (mg/kg)	127	120	18
Exchangeable Mg (mg/kg)	23	19	nd
Cation exchangeable capacity (CEC; cmole/kg)	3.5	2.2	nd
Maximum water holding capacity (% by volume)	35.6	36.7	35.1
Moisture at field capacity (% by volume)	15.8	19.5	29.6
Moisture at permanent wilting point (% by volume)	4.2	7.0	15.7
Bulk density (g/cm ³)	1.62	1.71	1.49
Water permeability (K-sat.; cm/hr)	5.70	0.25	1.00
Textural class	Loamy sand	Loamy sand	Sandy loam
-Clay (% by weight)	5.1	7.7	16.8

nd (not determination)

Table 2 Nutrients uptake by Khon Kaen 3 plant cane and 1st ratoon cane at 7 months after planting.

Treatment	Stalk dwt. (g)	Nutrients uptake (g/ tiller)					NUE ^{1/} (g St/g N)
		N	P	K	Ca	Mg	
Plant cane							
1) control (rain-fed)	347 ^c	6.0 ^b	0.93 ^c	4.56 ^b	2.08	1.22 ^b	57.8 ^b
2) 12.5% AWC	970 ^{ab}	10.3 ^a	1.91 ^{ab}	9.01 ^a	3.92	2.39 ^a	94.4 ^a
3) 25.0% AWC	867 ^{ab}	9.1 ^{ab}	1.70 ^{ab}	6.60 ^{ab}	3.66	2.28 ^a	95.3 ^a
4) 37.5% AWC	793 ^b	8.3 ^{ab}	1.54 ^{bc}	6.35 ^{ab}	2.90	1.91 ^{ab}	95.6 ^a
5) 50.0% AWC	1,053 ^a	11.0 ^a	2.29 ^a	8.79 ^a	3.73	2.58 ^a	96.0 ^a
F-test	**	*	*	*	ns	*	**
CV (%)	16.4	19.9	20.5	20.1	27.4	19.8	10.9
Ratoon cane (1st)							
1) control (rain-fed)	59	0.97	0.16	2.76	0.17	0.17	61.8 ^b
2) 12.5% AWC	122	0.93	0.21	3.26	0.35	0.26	134.9 ^a
3) 25.0% AWC	112	0.90	0.24	3.18	0.40	0.25	122.9 ^a
4) 37.5% AWC	112	0.91	0.24	3.14	0.46	0.28	122.3 ^a
5) 50.0% AWC	117	0.99	0.24	3.67	0.40	0.28	112.7 ^a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	34.5	26.5	21.1	29.9	34.2	34.8	18.4

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 1 and 5 % probability by DMRT.

^{1/} Nitrogen use efficiency (gram of stalk dry weight per gram of N)

Table 3 Correlation (*R*) between yield components water levels supplement and nutrients uptake at 7 months after planting.

	NUE ^{1/}	N	P	K	Ca	Mg
Plant cane						
Water supplement	0.653**	0.553 ⁺	0.603 ⁺	0.404 ^{ns}	0.339 ^{ns}	0.553 ⁺
Dry biomass	0.711**	0.970**	0.863**	0.802**	0.873**	0.970**
Stalk dry weight	0.812**	0.947**	0.877**	0.800**	0.803**	0.947**
1st ratoon cane						
Water supplement	0.425 ^{ns}	0.123 ^{ns}	0.459 ⁺	0.258 ^{ns}	0.330 ^{ns}	0.409 ^{ns}
Dry biomass	0.695**	0.798**	0.930**	0.828**	0.804**	0.911**
Stalk dry weight	0.758**	0.744**	0.916**	0.786**	0.795**	0.911**

^{1/} Nitrogen use efficiency (gram of mass per gram of N)**Table 4** Millable cane, cane yield (t/rai) and water consumptive use of Khon Kaen 3.

Treatment	Cane yield (t/rai)	Millable cane /rai	CCS (%)	Water (mm)		WUE ^{1/} (kg/rai/mm)
				consumption	supply	
Plant cane						
1) control (rain-fed)	20.13 ^b	8,152 ^b	14.9	1,322 ^c	63 ^e	15.2 ^b
2) 12.5% AWC	30.67 ^a	10,430 ^a	14.3	1,391 ^c	279 ^d	22.0 ^a
3) 25.0% AWC	34.77 ^a	12,128 ^a	14.4	1,591 ^b	379 ^c	21.8 ^a
4) 37.5% AWC	34.97 ^a	12,100 ^a	14.1	1,620 ^b	460 ^b	21.6 ^a
5) 50.0% AWC	28.80 ^a	9,718 ^{ab}	14.9	1,824 ^a	611 ^a	15.8 ^b
F-test	**	*	ns	*	*	*
CV (%)	12.1	13.9	9.5	15.4	6.5	19.3
6) Bare soil						
AV.± SE.	-	-	-	1,083 ± 21.2	-	-
Response curve Yield (Yp) = -2.68X ² +18.24X+4.62 (R ² =0.998 ^{**})						
1st ratoon cane						
1) control (rain-fed)	14.49 ^b	8,877 ^b	14.5	1,502 ^c	0.0 ^d	9.6 ^b
2) 12.5% AWC	20.08 ^a	11,398 ^a	14.2	1,566 ^c	75.1 ^c	12.8 ^a
3) 25.0% AWC	21.07 ^a	11,615 ^a	15.1	1,703 ^b	70.8 ^c	12.4 ^a
4) 37.5% AWC	20.03 ^a	11,398 ^a	14.6	1,654 ^b	122.4 ^b	12.2 ^a
5) 50.0% AWC	20.80 ^a	11,654 ^a	15.2	1,857 ^a	182.0 ^a	11.2 ^{ab}
F-test	**	*	ns	*	*	*
CV (%)	8.21	9.91	3.87	9.12	2.1	11.7
6) Bare soil						
AV.± SE.	-	-	-	1,502 ± 21.2	-	-
Response curve Yield (Yr) = -0.0055X ² +0.377X+15.069 (R ² =0.888 ^{**})						

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 1 and 5 % probability by DMRT.

^{1/} Water use efficiency (kg/rai/mm)

ผลผลิต ประชากร และคุณภาพอ้อย

อ้อยปลูก

การให้น้ำทุกกรรมวิธี สามารถให้ผลผลิตอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 28.8-35.0 ตัน/ไร่ หรือเพิ่มขึ้นแตกต่างจากการไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) 43-74% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สอดคล้องกับประชากรเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น เฉลี่ย 10,430-12,128 ลำ/ไร่ และยกเว้นวิธีการให้น้ำ 50% AWC และได้สมการการตอบสนองต่อปริมาณการให้น้ำ (X) ตามกรรมวิธี (Available water capacity; AWC) ดังนี้

$$\text{ผลผลิต (Yp)} = -2.68X^2 + 18.24X + 4.62 \quad (R^2=0.998^{**}) \dots\dots\dots(2)$$

การให้น้ำมีผลทำให้อัตราประชากรที่เก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เฉลี่ยเป็น 9,718-12,128 ลำ/ไร่ หรือเพิ่มขึ้นจากการไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) 19-49 % และการให้น้ำไม่ทำให้คุณภาพน้ำตาล (CCS) ลดลงแตกต่างทางสถิติจากวิธีการไม่ให้น้ำ (Table 4)

อ้อยต่อ 1

การให้น้ำทุกกรรมวิธี สามารถให้ผลผลิตอ้อยต่อ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 20.03-21.07 ตัน/ไร่ หรือเพิ่มขึ้นแตกต่างจากการไม่ให้น้ำ (อาศัยน้ำฝน) 39-45% อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เช่นเดียวกับอ้อยปลูก และได้สมการการตอบสนองต่อการปริมาณการให้น้ำ (X) ตามกรรมวิธี (Available water capacity; AWC) ดังนี้

$$\text{ผลผลิต (Yr)} = -0.0055X^2 + 0.377X + 15.069 \quad (R^2=0.888^{**}) \dots\dots\dots(3)$$

อย่างไรก็ตามผลผลิตอ้อยต่อ 1 ลดลงเฉลี่ย 25-41% เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยปลูก ทั้งที่มีการให้น้ำมากขึ้น ประชากรไม่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับตัวพืชเองที่ดูที่ใช้ปริมาณธาตุอาหารพืชลดลง (Table 4)

ค่าการคายระเหยน้ำของพืชอ้อย (ETo)

จากข้อมูลอุณหภูมิสูง ต่ำและที่ตั้งของแปลงทดลอง นำไปคำนวณหาค่าการใช้ น้ำของพืชอ้อยตามสูตรของวิธีการของ FAO Blaney-Criddle เปรียบเทียบกับวิธีการ Penman-Monteith (Allen et al., 1998) ซึ่งคำนวณโดยโปรแกรมคำนวณปริมาณการใช้น้ำของอ้อย สำนักงานพัฒนาอู่ศูนย์นิคมวิทยากรรมอู่ศูนย์นิคมวิทยา (Figure 2 a and c) เห็นได้ว่า แม้ค่า ETo จากสูตรของ FAO Blaney-Criddle มีค่าสูงกว่าวิธีการ Penman-Monteith โดยให้ค่าการยอมรับ Root Mean Square Error (RMSE) ของอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 เท่ากับ 1.60 และ 1.41 ตามลำดับ แต่สอดคล้องกับระยะเวลาการใช้น้ำและระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 จึงน่าจะเป็นวิธีการประมาณ ETo ที่เหมาะกับการศึกษาความต้องการน้ำของอ้อยในสภาพไร่มากกว่า เพราะประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องมือวัดภูมิอากาศที่ทันสมัย

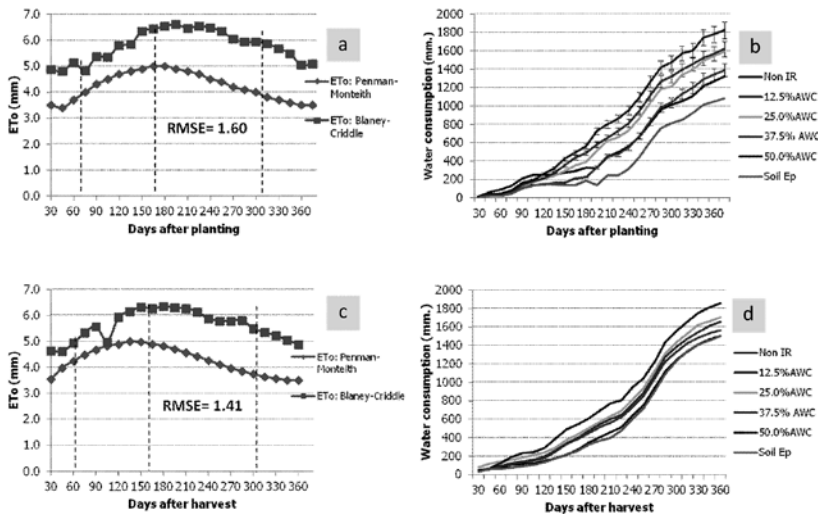


Figure 2 Computed ETo in 2009/10 (a), 2010/11 (c) and Water consumption for sugarcane plant cane in 2009/10 (b) and ratoon cane of Khon Kaen 3 in 2010/11 (d).

ความต้องการน้ำของอ้อย (Water requirement for sugarcane)

อ้อยปลูก

ความต้องการน้ำของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 สูงสุดประมาณ 1,591-1,620 มม./ฤดูเพาะปลูก (Figure 2 b) ซึ่งให้ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย ประมาณ 34.77-34.97 ตัน/ไร่ โดยให้น้ำเสริมในช่วง 30-240 วันหลังปลูกประมาณ 379-460 มม. มีประสิทธิภาพการใช้น้ำ 21.6-21.8 กก./ไร่/มม. ใกล้เคียงกับ Win et al. (2011) ซึ่งศึกษาในถังจำลอง (Lysimeter)

อ้อยตอ 1

ความต้องการน้ำของอ้อยตอ1พันธุ์ขอนแก่น 3 สูงสุดประมาณ 1,566-1,654 มม./ฤดูเพาะปลูก (Figure 2 d) ซึ่งให้ผลผลิตอ้อยเฉลี่ย ประมาณ 20.03-21.07 ตัน/ไร่ โดยให้น้ำเสริมในช่วง 15-165 วันหลังตัดแต่งตอ ประมาณ 70.08-122.4 มม. มีประสิทธิภาพการใช้น้ำลดลงเหลือเพียง 12.2-12.8 กก./ไร่/มม. เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยปลูก

หนึ่งการทิ้งใบอ้อยคลุมดินหลังตัดอ้อยปลูก ช่วยลดภาวะโลกร้อนได้ เนื่องจากพื้นผิวดินถูกปกคลุมด้วยพืชหรือเศษพืช ลดการคายระเหยผิวดิน เพราะการไม่มีพืชหรือวัสดุคลุมผิวดิน มีค่าการคายระเหยถึง 1,083 มม./ปี นอกจากนี้ยังลดการสูญเสียไนโตรเจน น้ำ และอินทรีย์วัตถุในดิน ลดค่ากำจัดวัชพืชในอ้อยตอ1 ได้ตั้งแต่ 50-100 %

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc value)

อ้อยปลูก

จาก Figure 3 ได้สมการค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ในดินร่วนปนทราย ชุดดินวาริน จังหวัดขอนแก่นตามอายุอ้อย (X, วัน)

Kc ที่ได้จากการให้น้ำที่เหมาะสม (25.0-37.5 % AWC) จะให้ค่าดังนี้

$$K_{cmax} = -1E-07X^3 + 4E-05X^2 - 0.0012X + 0.3133 \quad (R^2=0.447ns)..... (4)$$

จากสมการ (4) จะประมาณค่า Kc ของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 0.34, 0.74, 1.52 และ 0.83 ที่ระยะตั้งต้น (0-75 วันหลังปลูก) ระยะแตกกอ (76-195 วัน) ระยะสร้างน้ำตาล (196-285 วัน) และระยะสุกแก่ (286-375 วัน) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่า FAO CROP-WAT คำนวณได้ในระยะตั้งต้น และระยะแตกกอ และมีค่าสูงกว่าในระยะสร้างน้ำตาล

อ้อยตอ 1

นอกจากนี้ ได้สมการค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของอ้อยตอ1พันธุ์ขอนแก่น 3 ในดินร่วนปนทราย ชุดดินวาริน จังหวัดขอนแก่นตามอายุอ้อย (X, วัน)

Kc ที่ได้จากการให้น้ำที่เหมาะสม (25.0-37.5 % AWC) จะให้ค่าดังนี้

$$K_{cmax} = -3E-07X^3 + 0.0002X^2 - 0.0227X + 1.0367 \quad (R^2=0.646*)... (5)$$

จากสมการ (5) จะประมาณค่า Kc ของอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 0.69, 0.39, 0.84, 2.28 และ 0.75 ที่ระยะตั้งต้น (0-45 วัน) ระยะพักตัว (46-120 วัน) ระยะแตกกอ (121-225 วัน) ระยะสร้างน้ำตาล (226-330 วัน) และระยะสุกแก่ (331-360 วัน) ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม แต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตของอ้อยอาจผันแปรได้ตามความชื้นดิน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และพันธุ์พืชในแต่ละแหล่งปลูก (Kassem and Smith, 2001)

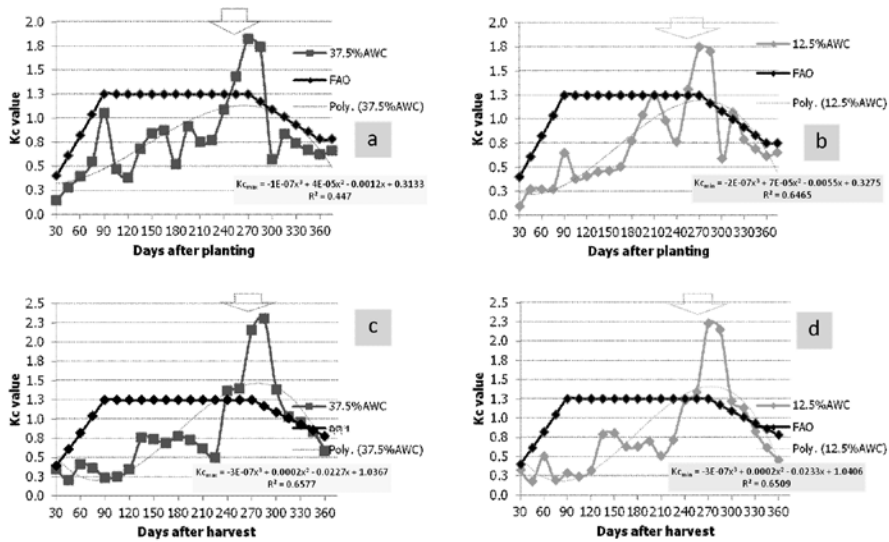


Figure 3 Kc_{max} value at 37.5% (a) and Kc_{min} value at 12.5% of AWC (b) in 2009/10 and Kc_{max} value at 37.5% (c), Kc_{min} value at 12.5% of AWC (d) in 2010/11 compared Kc value derived from FAO in 2009/10 and 2010/11.

สรุป

เอกสารอ้างอิง

จากการทดลองนี้ ได้ข้อมูลการความต้องการน้ำ และประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยปลูกและต่อ1พันธุ์ ขอนแก่น 3 เพื่อใช้บริหารจัดการน้ำในไร่อ้อยในพื้นที่ใน โชนฝน 1,000-1,400 มม./ปี

ได้คำแนะนำความต้องการน้ำและประสิทธิภาพ การใช้น้ำเฉพาะพื้นที่กับอ้อยอย่างเป็นระบบและมี ประสิทธิภาพสูงสุด สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยมีค่า สัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำ (Kc) แต่ละช่วงระยะ การเจริญเติบโตของอ้อย เป็นแนวทางกำหนดการให้ น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อย

อนึ่งการปลูกอ้อยให้มีการเจริญเติบโตที่เหมาะสม ตามศักยภาพ ไม่เฝ้าใบอ้อยก่อนหรือหลังตัดอ้อย ช่วย ลดภาวะโลกร้อนได้ เนื่องจากพื้นผิวดินถูกปกคลุมด้วย พืชหรือเศษพืช ลดการคายระเหยผิวดิน เพราะการไม่มี พืชหรือวัสดุคลุมผิวดิน นอกจากนี้ยังลดการสูญเสีย ไนโตรเจน น้ำ อินทรีย์วัตถุในดิน และประหยัดค่ากำจัด วัชพืชในอ้อยต่อ 1

กรมวิชาการเกษตร. 2549.ฐานความรู้ด้านพืชพลังงานทดแทน http://210.246.186.28./power_oil/WebSugarcane/Statement/StateMain.htm. ค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2555.
 กรมอุตุนิยมวิทยา. 2552. โปรแกรม water-crop-requirement การคำนวณประมาณการใช้น้ำของพืช. ส่วนอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กรมการเกษตร สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรุงเทพมหานคร.
 กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ทักษิณา คັນสยะวิชัย, ศรีสุดา ทิพย์รักษ์, วีระพล พลรัตน์, และเกษม ชูสอน. 2551. การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยอย่างเหมาะสมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ: จ.ขอนแก่น. น. 255-257. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2551 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น, ขอนแก่น.
 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.
 Allen , R. G., L. S. Pereira, D. Rates, and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper No 56, FAO, Rome.

- Carr, M.K.V., and W. Knox, 2010. The water relations and irrigation requirements of sugarcane (*Saccharum officinarum*): a review. *Expl. Agric.* 47(1): 1-25.
- Doorenbos, J., and A.H.Kassem. 1979. Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper No 33, FAO, Rome.
- Doorenbos, J., and W.O.Pruitt. 1977. Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper No 24, FAO, Rome.
- FAO. 2011. Chapter 3: crop water needs. www.fao.org/docrep/S2022E/s2022e07.htm. Accessed 17 Mar. 2012.
- Kassem, A., and M.Smith. 2001. FAO Methodologies on Crop Water Use and Crop Water Productivity. Expert Meeting on Crop Water Productivity, 3-5 December 2001, FAO, Rome.
- Smith, M. 1992. CROPWAT a computer Program for irrigation planning and management. FAO Irrigation and Drainage Paper No 26, FAO, Rome.
- Walkley, A., and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-37.
- Win, S. K., O. B. Zamora, and S. Thein. 2011. Determination of the water requirement and KC values of sugarcane at different crop growth stages by lysimetric method. P. 47-53. In: *Balancing Sugar and Energy Production in Developing Countries: Sustainable Technologies and Marketing Strategies*, New Delhi, India.